

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09191303 A.

(43) Date of publication of application: 22 . 07 . 97

) Int. Cl

H04J 14/00  
H04J 14/02  
G02B 6/10

) Application number: 08001646

) Date of filing: 09 . 01 . 96

(71) Applicant: KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD <KDD>

(72) Inventor: TAKEDA NORIYUKI  
MIYAGAWA TETSUYUKI  
TAGA HIDENORI  
YAMAMOTO SHU  
AKIBA SHIGEYUKI

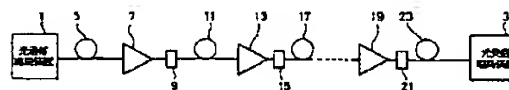
) OPTICAL TRANSMISSION LINE

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical transmission line in which an optical fiber with an M-shaped transmission characteristic to equalize a gain of a wavelength multiplex optical signal sent through an optical fiber by the wavelength multiplex communication system is connected in series with an optical amplifier.

SOLUTION: A wavelength multiplex optical signal from an optical transmission terminal station equipment 1 to a wavelength multiplex optical signal receiving terminal station equipment 3 via an optical fiber 5 is sent through an optical amplifier 7. Due to a gain unbalance of the optical amplifier 7 and an M-shaped characteristic of an M-shaped transmission optical filter 9, a gain deviation at each wavelength is canceled. Thus, a flat gain characteristic is obtained. An ASE at a 1.55 μm band disturbing the amplification at the 1.55 μm band is eliminated and then a wavelength multiplex signal with a sufficient gain is sent to an optical reception terminal station equipment 3 via an optical fiber 23.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-191303

(43)公開日 平成9年 (1997) 7月22日

| (51)Int. Cl. <sup>6</sup> | 識別記号  | 庁内整理番号 | F I          | 技術表示箇所 |
|---------------------------|-------|--------|--------------|--------|
| H 0 4 J                   | 14/00 |        | H 0 4 B 9/00 | E      |
|                           | 14/02 |        | G 0 2 B 6/10 | C      |
| G 0 2 B                   | 6/10  |        |              |        |

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 10 頁)

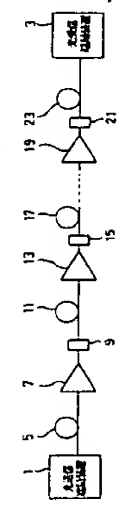
|          |                  |         |                                             |
|----------|------------------|---------|---------------------------------------------|
| (21)出願番号 | 特願平8-1646        | (71)出願人 | 000001214<br>国際電信電話株式会社<br>東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 |
| (22)出願日  | 平成8年 (1996) 1月9日 | (72)発明者 | 武田 憲幸<br>東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際電信電話株式会社内       |
|          |                  | (72)発明者 | 宮川 哲之<br>東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際電信電話株式会社内       |
|          |                  | (72)発明者 | 多賀 秀徳<br>東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際電信電話株式会社内       |
|          |                  | (74)代理人 | 弁理士 三好 秀和 (外3名)<br>最終頁に続く                   |

(54)【発明の名称】 光伝送路

(57)【要約】

【課題】 波長多重通信方式で光ファイバを伝送される波長多重光信号が得る利得を等化するようなM字形透過特性を有する光ファイバを光増幅器に直列に接続した光伝送路を提供する。

【解決手段】 光送信端局装置1から光ファイバ5を通して第1の光増幅器7に入力される波長多重光信号は光増幅器7の利得不平坦性により各波長の受ける利得が異なって出力されるが、M字形透過光フィルタ9のM字形透過特性により各波長の利得偏差が相殺されるというように複数の光増幅器および複数のM字形透過光フィルタを通して平坦な利得特性が得られ、かつ1.55μm帯の増幅を妨げる1.53μm帯でのASEを除去することにより十分な利得を得た波長多重信号として光ファイバ23を介して光受信端局装置3に伝送される。



SEARCH REPORT  
U  
SE-199-41  
P57

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長多重通信方式で光ファイバを伝送される波長多重光信号を増幅すべく光ファイバに複数の光増幅器を互いに所要の距離隔てて直列に接続した光伝送路において、

前記光増幅器の利得の不平坦性を補償するようなM字形透過特性を有するM字形透過光フィルタを前記光増幅器に直列に接続し、前記複数の光増幅器の全体の利得の波長依存性を最適に等化したことを特徴とする光伝送路。

【請求項2】 前記M字形透過光フィルタは、前記複数の光増幅器の各々毎にまたは1個以上の任意の数の光増幅器毎に設けられることを特徴とする請求項1記載の光伝送路。

【請求項3】 前記M字形透過光フィルタは、第1および第2の波長において透過率が最大となり、第1の波長より短い波長範囲においては波長が短くなるにつれて透過率が急激に減少し、第1の波長より長く、第1および第2の波長の間の第3の波長より短い波長範囲では波長が長くなるにつれて透過率は単調減少し、第3の波長より長く、第2の波長より短い波長範囲では波長が長くなるにつれて透過率が単調増加し、第2の波長より長い波長範囲では波長が長くなるにつれて透過率が急激に減少する透過特性を有することを特徴とする請求項1記載の光伝送路。

【請求項4】 前記光増幅器は、 $1.55\mu\text{m}$ 波長帯のエルビウムドープ光ファイバ増幅器であって、前記M字形透過光フィルタは、前記光増幅器の利得特性を補償するような逆透過特性を中心部に有するとともに、ほぼ $1.53\mu\text{m}$ の波長帯に対する自然放光(ASE)を除去することができるような透過特性を有することを特徴とする請求項1記載の光伝送路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長多重通信方式で光ファイバを伝送される波長多重光信号を増幅すべく光ファイバに複数の光増幅器を互いに所要の距離隔てて直列に接続した光伝送路に関し、更に詳しくは、エルビウムドープ光ファイバを利得媒体として用いた光増幅器の波長依存利得特性を補償し、複数の光増幅器の全体の利得を最適に等化するように構成した光伝送路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 波長多重通信において光ファイバを伝送される波長多重光信号を増幅するための光増幅器として、エルビウムドープ光ファイバ増幅器(以下、EDF増幅器と略称する)が使用されている。このEDF増幅器は多チャネルの光信号を同時に相互干渉なく増幅し得るという利点を有するが、通常のEDF増幅器は広い波長領域にわたって平坦な利得スペクトルを得ることが困難である。すなわち、EDF増幅器を波長多重通信に使

用する場合には、EDF増幅器の利得帯域幅が広くかつ平坦であることが必要であるが、EDF増幅器は広い波長範囲にわたって完全に平坦な利得スペクトルを得ることが難しく、このようなEDF増幅器を光ファイバからなる光伝送路に多段に接続した場合には、大きな利得不均衡を生じることになる。このような利得不均衡を補償するために、従来、種々の方法が提案されている。

【0003】 図9は、EDF増幅器の利得不均衡を補償してEDF増幅器の利得を等化するためのMach-Zehnder型波長可変フィルタ(以下、MZ型波長可変フィルタと称する)の構成を示す図である。このMZ型波長可変フィルタは、長さの異なる2本の導波路91、92の一方にヒータ97が取り付けられており、また導波路91、92を2個のチューナブルカブラ93、94で挟むとともに、導波路の一方に移相器を構成するヒータ95、96を取り付けるように構成したものである(KyoInoue, Toshimi Kominato and Hiromu Toba, "Tunable Gain Equalization Using a Mach-Zehnder Optical Filter in Multi-stage Fiber Amplifier", IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 3, No. 8, pp. 718-720, August 1991 参照)。

【0004】 このように構成されるMZ型波長可変フィルタの透過特性は、2本の導波路91、92の長さの差で決まる周期を持った正弦波関数型であって、前記ヒータ97で構成される移相器によって透過特性の中心波長を変化させることができ、前記ヒータ95、96で構成される移相器で透過特性の消光比を変化させることができるため、図10に示すようにある波長帯での透過特性を最適に変化させることができる。従って、このMZ型波長可変フィルタの透過特性を各波長多重信号光の利得が同一になるように設定し、光増幅器の出力側に接続することにより光増幅器の利得を等化することができる。

【0005】 ところで、通常のEDF増幅器は、アルミニウム(AI)を共ドープしたエルビウムドープ光ファイバを使用しているが、このEDF増幅器を使用して波長多重光信号を増幅すると、図11(a)に示すような出力光スペクトル特性を有し、適当な波長範囲においては、波長多重された各波長の光パワーは右上がりになる。なお、同図に示す特性は、 $-15\text{ dBm}$ の全入力パワーで4つの波長多重光信号を伝送した場合のものを示している。

【0006】 一方、燐(P)をAIとともに共ドープしたエルビウムドープ光ファイバで構成したEDF増幅器により波長多重信号を増幅すると、図11(b)に示すように適当な波長範囲においては波長多重された各波長の光パワーは右下がりになる。

【0007】 従って、図12に示すように、AIを共ドープしたエルビウムドープ光ファイバ97とPをAIとともに共ドープしたエルビウムドープ光ファイバ98を直列に接続し、両者にWDMカブラ99を介してポンプレーザーダイオードモジュール100からの出力レーザー光

を導いて励起するようにハイブリッドEDF増幅器を構成することにより、両光ファイバ97, 98の右上がり特性と右下がり特性とは相殺され、該EDF増幅器の出力光スペクトル特性は、図11(c)に示すように平坦になり、各波長の利得は等化される(T. Kashiwada, M. Shigematsu, M. Onishi and M. Nishimura, "Gain-Flattened Optical-Fiber Amplifiers with a Hybrid Er-Doped-Fiber Configuration for WDM Transmission", OFC'95, TuP1, 1995 参照)。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように、MZ型波長可変フィルタを光増幅器の出力側に接続して、光増幅器の利得を等化する従来の方法は、該光フィルタの構成が複雑であり、装置構成が大型化するとともに、非経済的であるという問題がある。

【0009】 また、A1を共ドープしたエルビウムドープ光ファイバとPをA1とともに共ドープしたエルビウムドープ光ファイバを直列に接続してハイブリッドEDF増幅器を構成する従来の方法は、該EDF増幅器を多段に接続した時、1.53 $\mu$ mにおけるASE(自然放光)が増大し、1.55 $\mu$ mの信号波長帯域における利得が得られなくなるという問題がある。

【0010】 図13は、この1.53 $\mu$ mにおけるASEの増大を示すためにPを共ドープしたエルビウムドープ光ファイバを使用したEDF増幅器の光信号の波長に対するASEをプロットした特性図であり、図13

(a)は伝送距離が120kmで、Pを共ドープしたエルビウムドープ光ファイバを使用したEDF増幅器を3台接続した場合の特性を示し、図13(b)は伝送距離が1000kmで、該EDF増幅器を27台接続した場合の特性を示し、図13(c)は伝送距離が6000kmで、該EDF増幅器を150台接続した場合の特性を示している。

【0011】 図13(a), (b), (c)に示す特性から、Pを共ドープしたエルビウムドープ光ファイバを使用したEDF増幅器を多段に接続する程、1.53 $\mu$ mにおけるASEが増大し、これにより1.55 $\mu$ mの信号波長帯域における利得が得られなくなることがわかる。

【0012】 本発明は、上記に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、波長多重通信方式で光ファイバを伝送される波長多重光信号が得る利得を等化するようなM字形透過特性を有する光ファイバを光増幅器に直列に接続した光伝送路を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、請求項1記載の本発明は、波長多重通信方式で光ファイバを伝送される波長多重光信号を増幅すべく光ファイバに複数の光増幅器を互いに所要の距離隔てて直列に接続した光伝送路において、前記光増幅器の利得の不平

坦性を補償するようなM字形透過特性を有するM字形透過光フィルタを前記光増幅器に直列に接続し、前記複数の光増幅器の全体の利得の波長依存性を最適に等化したことを要旨とする。

【0014】 請求項1記載の本発明にあつては、M字形透過特性を有するM字形透過光フィルタを光増幅器に直列に接続して、光増幅器の利得特性を補償し、これにより複数の光増幅器の全体の利得を最適に等化している。

【0015】 また、請求項2記載の本発明は、請求項1記載の発明において、前記M字形透過光フィルタが、前記複数の光増幅器の各々毎にまたは1個以上の任意の数の光増幅器毎に設けられることを要旨とする。

【0016】 請求項2記載の本発明にあつては、M字形透過光フィルタは、複数の光増幅器の全体の利得を最適に等化するように複数の光増幅器の各々毎に設けてもよいし、または1個以上の任意の数の光増幅器毎に設けられてもよい。

【0017】 更に、請求項3記載の本発明は、請求項1記載の発明において、前記M字形透過光フィルタが、第1および第2の波長において透過率が最大となり、第1の波長より短い波長範囲においては波長が短くなるにつれて透過率が急激に減少し、第1の波長より長く、第1および第2の波長の間の第3の波長より短い波長範囲では波長が長くなるにつれて透過率は単調減少し、第3の波長より長く、第2の波長より短い波長範囲では波長が長くなるにつれて透過率が単調増加し、第2の波長より長い波長範囲では波長が長くなるにつれて透過率が急激に減少する透過特性を有することを要旨とする。

【0018】 請求項3記載の本発明にあつては、M字形透過光フィルタは、第1および第2の波長において透過率が最大となるM字形透過特性を有することにより光増幅器の利得の不平坦性を補償し、また第1の波長より短い波長範囲においては波長が短くなるにつれて透過率が急激に減少して、例えば1.53 $\mu$ mの波長帯における自然放光(ASE)を除去している。

【0019】 請求項4記載の本発明は、請求項1記載の発明において、前記光増幅器が、1.55 $\mu$ m波長帯のエルビウムドープ光ファイバ増幅器であつて、前記M字形透過光フィルタは、前記光増幅器の利得特性を補償するような逆透過特性を中心部に有するとともに、ほぼ1.53 $\mu$ mの波長帯における自然放光(ASE)を除去することができるような透過特性を有することを要旨とする。

【0020】 請求項4記載の本発明にあつては、M字形透過光フィルタは、1.55 $\mu$ m波長帯のエルビウムドープ光ファイバ増幅器の利得特性を補償するような逆透過特性を中心部に有するとともに、ほぼ1.53 $\mu$ mの波長帯における自然放光(ASE)を除去することができる。

【0021】

〔発明の実施の形態〕以下、図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。

〔0022〕図1は、本発明の一実施形態に係わる光伝送路の構成を示す図である。同図に示す光伝送路は、例えば1.55 $\mu$ m波長帯の波長多重通信に使用されるものであって、この波長多重通信において光ファイバに直列に接続された複数の光増幅器の出力にM字形透過特性を有するM字形透過光フィルタを接続したことを特徴とするものである。

〔0023〕すなわち、同図に示す光伝送路では、光送信端局装置1と光受信端局装置3との間を接続すべく光送信端局装置1に接続された光ファイバ5は、まず第1の光増幅器7の入力に接続され、該光増幅器7の出力は第1のM字形透過光フィルタ9を通して光ファイバ11に接続されている。この光ファイバ11は更に第2の光増幅器13の入力に接続され、該光増幅器13の出力は第2のM字形透過光フィルタ15を通して光ファイバ17に接続され、以下同様に複数の光増幅器およびM字形透過光フィルタを通った後、最後の光増幅器19およびM字形透過光フィルタ21を介して光ファイバ23に接続され、該光ファイバ23から光受信端局装置3に接続されている。

〔0024〕前記複数の光増幅器7、13、19は、光ファイバにエルビウム(Er)を添加したエルビウムドープ光ファイバを使用しているものであり、その構成の一例は図4に示すようにエルビウムドープ光ファイバ41の出力側にWDM(波長多重合波)カプラ43を設け、該WDMカプラ43を介してポンプレーザダイオードモジュール45の出力レーザ光をエルビウムドープ光ファイバ41に導いて励起し、これにより入力光信号を増幅するものである。なお、WDMカプラ43の出力側には光アイソレータ47が設けられ、出力側からの反射光を遮断するようになっている。なお、以降の説明において、複数の光増幅器7、13、19を代表して説明する場合には、光増幅器7として説明する。

〔0025〕このように構成される光増幅器7は、上述したように、利得不平坦特性を有し、例えば図2(a)に示すような各波長の光パワーが等しい入力スペクトルを有する波長多重光信号を光増幅器7に入力した場合、該光増幅器7の出力には図2(b)に示すように山形に歪んだ出力スペクトルを有する波長多重光信号が出力されてしまうとともに、また図2(b)および上述した図13に示すように1.53 $\mu$ mの波長帯におけるASEが増大してしまう特性を有する。本実施形態の光伝送路は、以下に説明するように、このような光増幅器7の利得不平坦特性を補償しようとするものである。

〔0026〕すなわち、前記複数のM字形透過光フィルタ9、15、21は、上述した光増幅器7の利得不平坦特性を補償するために設けられているものである。なお、以降の説明において、複数のM字形透過光フィルタ

9、15、21を代表して説明する場合には、M字形透過光フィルタ9として説明する。

〔0027〕M字形透過光フィルタ9は、光増幅器7の利得不平坦特性を補償するために、中心部に逆透過特性を有し、広い波長範囲で見ると、ほぼ1.53 $\mu$ mの波長帯におけるASEを除去し得るように図2(c)に示すようなM字形透過特性、更に詳しくは、図3に示すようなM字形透過特性を有する。

〔0028〕具体的には、該M字形透過光フィルタ9は、図3に示すように、第1の波長 $\lambda_1$ および第2の波長 $\lambda_2$ において透過率が最大となり、第1の波長 $\lambda_1$ より短い波長範囲においては波長が短くなるにつれて透過率が急激に減少し、これにより1.53 $\mu$ mの波長帯におけるASEを除去し、第1の波長 $\lambda_1$ より長く、第1および第2の波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の間の第3の波長 $\lambda_3$ より短い波長範囲では波長が長くなるにつれて透過率は単調減少し、第3の波長 $\lambda_3$ より長く、第2の波長 $\lambda_2$ より短い波長範囲では波長が長くなるにつれて透過率が単調増加し、また第2の波長 $\lambda_2$ より長い波長範囲では波長が長くなるにつれて透過率が急激に減少する透過特性を有する。

〔0029〕以上のように構成される光伝送路において、光送信端局装置1から光ファイバ5を通して第1の光増幅器7に入力される図2(a)に示すような入力スペクトルを有する波長多重光信号は、光増幅器7の出力においては該光増幅器7の利得不平坦特性により図2

(b)のような各信号の信号対雑音比の異なった出力スペクトル特性を有して出力されるが、このように各信号の信号対雑音比の異なった波長多重光信号が第1のM字形透過光フィルタ9に入力されると、該M字形透過光フィルタ9のM字形透過特性により相殺され、図2(d)に示すように平坦なスペクトル特性を有するとともに、1.53 $\mu$ mの波長帯におけるASEが除去された波長多重光信号として出力され、第2の光ファイバ11に入力される。

〔0030〕また、この波長多重光信号は、第2の光ファイバ11を通った後、第2の光増幅器13に入力されると、同様に図2(b)に示すように各信号の信号対雑音比が異なることになるが、第2のM字形透過光フィルタ15で補償することにより、平坦なスペクトル特性を有する光信号として出力され、以降は同様に各光増幅器の後のM字形透過光フィルタで利得偏差の補償を行いながら、最終的には図2(e)に示すように入力スペクトル特性と同様な平坦なスペクトル特性を有する正常な波長多重信号として光ファイバ23を介して光受信端局装置3に伝送されることになる。

〔0031〕なお、上記実施形態では、M字形透過光フィルタ9を各光増幅器7の出力側に直接接続しているが、M字形透過光フィルタ9の接続はこれに限定されるものでなく、例えば光増幅器7の入力側に設けたり、ま

たは複数の光増幅器7毎に1つまたは複数のM字形透過光フィルタ9を設けたり、または光増幅器7の1つおきまたは2つおきまたは任意の個数おきにM字形透過光フィルタ9を設けてもよいものであり、要は光伝送路全体として複数の光増幅器7の全体の利得不平坦特性を最適に等化し得るものであればよいものである。

【0032】図5は、前記M字形透過光フィルタ9の構成の一例を示す断面図である。同図に示すように、M字形透過光フィルタ9は、屈折率の異なる誘電体の非常に薄い層を多段に積層して構成されるものである。具体的には、第1の屈折率 $n_1$ および第1の厚さ $d_1$ を有する第1の誘電体51と第2の屈折率 $n_2$ および第2の厚さ $d_2$ を有する第2の誘電体52を交互に積層して、全体として例えば数百 $\mu\text{m}$ の厚さに構成したものである。

【0033】このように構成されるM字形透過光フィルタ9において、各誘電体51、52の屈折率 $n_1$ 、 $n_2$ および厚さ $d_1$ 、 $d_2$ を最適に調整すると、図3に示すようなM字形透過特性を有するように構成することができる。

【0034】図6は、図1に示した光伝送路と同様に、各光増幅器7の出力にM字形透過光フィルタ9を1個ずつ接続した光伝送路に1555.0nm、1556.5nm、1559.0nm、1560.0nmの波長の光信号を波長多重伝送した場合の伝送距離に対する信号対雑音比(C/N)の変化特性を示すグラフであるが、光増幅器7の出力にM字形透過光フィルタ9を接続しない場合の従来の同様な特性のグラフも参考のために示している。なお、同図において、丸印、四角形、菱形およびx印の各マークはそれぞれ1555.0nm、1556.5nm、1559.0nm、1560.0nmの波長の特性を示し、また各マークで実線のものは各光増幅器7の出力にM字形透過光フィルタ9を1個ずつ接続した場合の本発明の光伝送路の特性を示し、点線のものはM字形透過光フィルタ9を接続しない場合の従来の光伝送路の特性を示している。

【0035】図6に示す特性からわかるように、実線の各マークで示す本発明の光伝送路においては、9000km伝送後も各信号における信号対雑音比(C/N)の偏差は約3dB以下にまで抑えられているのに対して、M字形透過光フィルタ9のない従来の特性では信号対雑音比(C/N)の偏差は伝送距離の増大とともに増大している。

【0036】なお、図6に示す本発明の実線で示す信号対雑音比(C/N)の変化特性は、図7に示すような実験回路で測定されたものであるが、点線で示す従来の特性は同様な実験から推定した値を示しているものである。

【0037】図7を参照して、図6に示した本発明の実線で示す信号対雑音比(C/N)の変化特性を測定した場合の実験回路について説明する。

【0038】図7に示す実験回路は、上述した1555.0nm、1556.5nm、1559.0nm、1560.0nmの4波長の光信号を発生するための4つのレーザダイオード(LD)71~74と、各レーザダイオードの出力をそれぞれ調整する減衰器75~78と、これらの4つの減衰器からの信号をまとめて調整する減衰器79と、該減衰器から出力される4つの波長多重光信号を光伝送路に送出するための第1のスイッチ80と、該スイッチに接続されてループ状に構成され、10個の光増幅器7、13、...19とM字形透過光フィルタ9、15、...21が光ファイバ11、17、...23を介して直列に接続された光伝送路83と、該光伝送路を伝送された後の波長多重光信号を測定する光スペクトルアナライザ(OSA)85とから構成されている。

【0039】このように構成される実験回路において、各レーザダイオード71~74から前記4波長の光信号を発生し、これを各減衰器を介して各波長の光パワーを調整して波長多重する。それから、まず第1のスイッチ80をオンし、第2のスイッチ81をオフした状態で、波長多重された光信号をループ状の光伝送路83に導き、その後、第1のスイッチ80をオフし、第2のスイッチ81をオンし、この光伝送路83を必要回数周回させて、所要の伝送距離伝送させる。そして、光信号が所要の伝送距離周回したタイミングで光スペクトルアナライザをスイープさせ、この時の波長多重光信号を光スペクトルアナライザ(OSA)85で測定する。この測定において、光伝送路83を周回して達成される伝送距離を変えて、信号対雑音比(C/N)を測定したものが図6に示す特性である。

【0040】図8(a)および(b)は、それぞれ本実施形態のM字形透過光フィルタを各光増幅器の後に接続した場合と接続しない場合の各光伝送路において光信号を8800km伝送した後の波長に対するASEスペクトルを示すグラフである。同図(a)に示すように、M字形透過光フィルタを接続した場合には、1.53 $\mu\text{m}$ 帯でのASEが完全に抑制されるとともに、1.55 $\mu\text{m}$ 帯でのASE、すなわち利得が大きくなっているのに対して、同図(b)に示すようにM字形透過光フィルタを接続しない場合には、1.53 $\mu\text{m}$ 帯でのASEが増大し、1.55 $\mu\text{m}$ 帯での利得は小さいことがわかる。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1記載の本発明によれば、M字形透過特性を有するM字形透過光フィルタを光増幅器に直列に接続して、光増幅器の利得特性を補償しているため、比較的簡単な構成により利得を最適に等化することができるとともに、特に1.53 $\mu\text{m}$ 帯のASEを除去でき、1.55 $\mu\text{m}$ 帯での利得を増大することができる。

【0042】また、請求項2記載の本発明によれば、M

字形透過光フィルタは複数の光増幅器の全体の利得を最適に等化するように光増幅器の各々毎に設けてもよいし、または1個以上の任意の数の光増幅器毎に設けられてもよく、光伝送路を柔軟に構成することができる。

【0043】更に、請求項3記載の本発明によれば、M字形透過光フィルタは第1および第2の波長において透過率が最大となるM字形透過特性を有し、第1の波長より短い波長範囲においては波長が短くなるにつれて透過率が急激に減少しているため、光増幅器の利得の不平坦性を適確に補償するとともに、1.53 $\mu$ m帯におけるASEを確実に除去することができる。

【0044】請求項4記載の本発明によれば、M字形透過光フィルタは1.55 $\mu$ mの波長帯のエルビウムドープ光ファイバ光増幅器の利得特性を補償するような逆透過特性を中心部に有しているため、波長多重信号の各波長の利得を最適に等化できるとともに、1.53 $\mu$ mの波長帯におけるASEを除去することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係わる光伝送路の構成を示す図である。

【図2】図1に示す光伝送路の各部のスペクトルを示す図である。

【図3】図1に示す光伝送路に使用されているM字形透過光フィルタのM字形透過特性を示す図である。

【図4】図1に示す光伝送路に使用されている光増幅器の構成を示す図である。

【図5】図1に示す光伝送路に使用されているM字形透過光フィルタの構成を示す断面図である。

【図6】図1に示した光伝送路と同様に各光増幅器の出力にM字形透過光フィルタを1個ずつ接続した光伝送路に1555.0nm、1556.5nm、1559.0

nm、1560.0nmの波長の光信号を波長多重伝送した場合の伝送距離に対する信号対雑音比(C/N)の変化特性およびM字形透過光フィルタを接続しない場合の従来の同様な特性を示すグラフである。

【図7】図6に示す特性を測定した場合に使用された実験回路の構成を示す図である。

【図8】図1に示す実施形態のM字形透過光フィルタを各光増幅器の後に接続した場合と接続しない場合の各光伝送路において光信号を8800km伝送した後の波長に対するASEスペクトルを示すグラフである。

【図9】EDF増幅器の利得を等化するための従来のMZ型波長可変フィルタの構成を示す図である。

【図10】図9に示すMZ型波長可変フィルタのある波長帯での透過特性を示す図である。

【図11】A1を共ドープしたEDF増幅器、PをA1とともに共ドープしたEDF増幅器、およびA1を共ドープしたEDF増幅器とPをA1とともに共ドープしたEDF増幅器を直列に接続して構成したハイブリッドEDF増幅器のそれぞれの光出力スペクトルを示す図である。

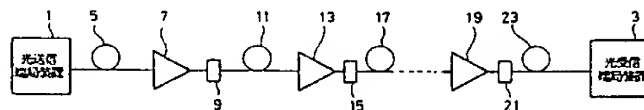
【図12】A1を共ドープしたEDF増幅器とPをA1とともに共ドープしたEDF増幅器を直列に接続したハイブリッドEDF増幅器の構成を示す図である。

【図13】Pを共ドープしたEDF増幅器の光信号の波長に対するASEをプロットした特性図である。

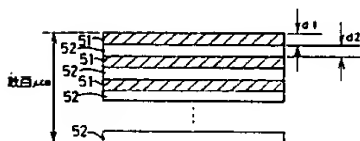
【符号の説明】

- 1 光送信端局装置
- 3 光受信端局装置
- 5, 11, 17, 23 光ファイバ
- 7, 13, 19 光増幅器
- 9, 15, 21 M字形透過光フィルタ

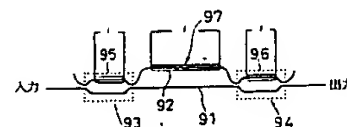
【図1】



【図5】

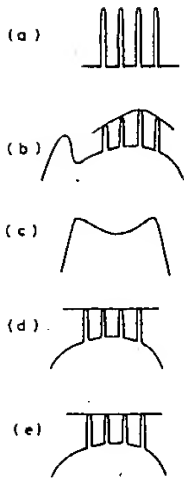


【図9】

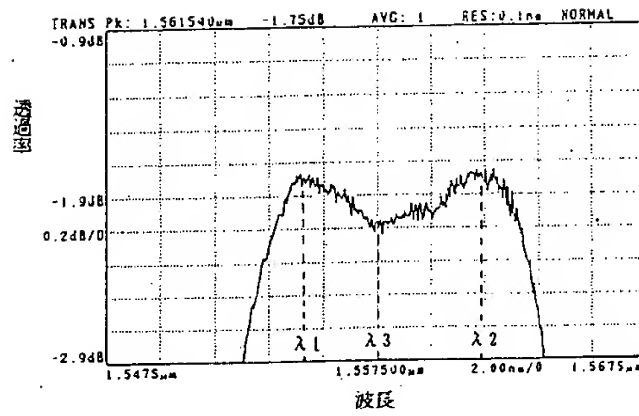




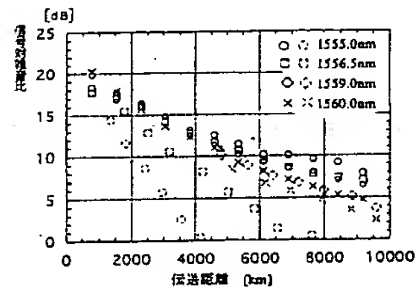
【図2】



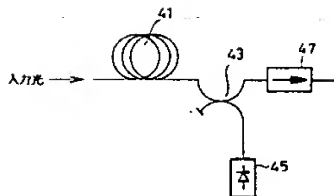
【図3】



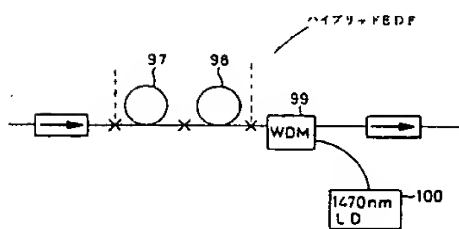
【図6】



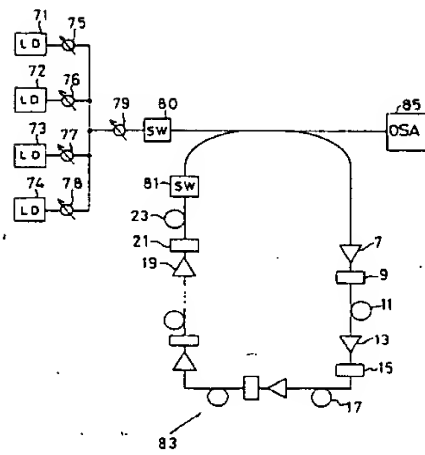
【図4】



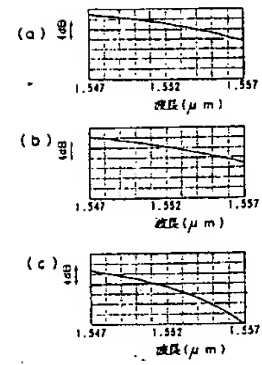
【図12】



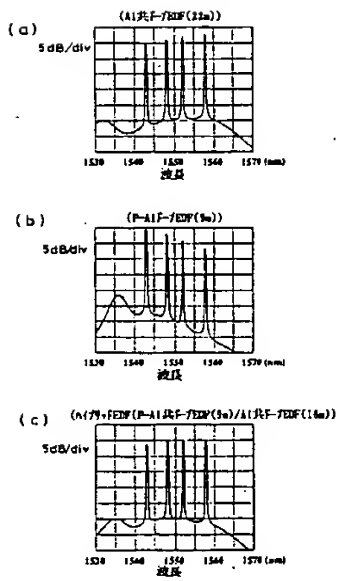
【図7】



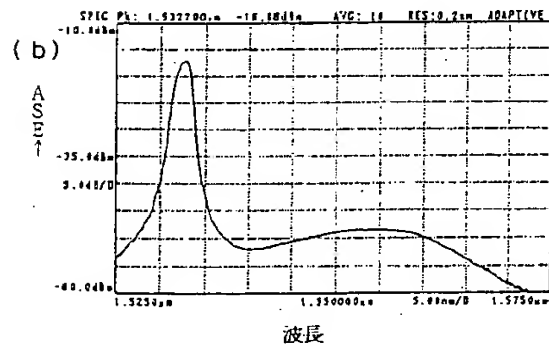
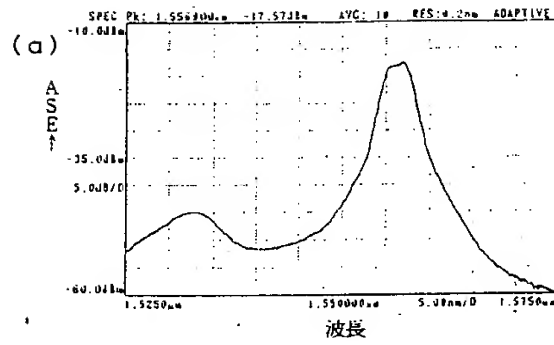
【図10】



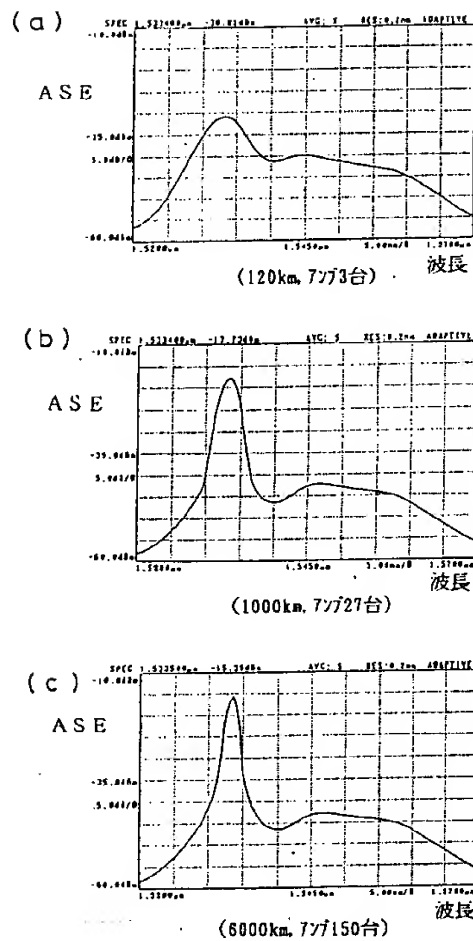
【図11】



[図8]



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 山本 周  
東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内

(72)発明者 秋葉 重幸  
東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内